

การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ค



นาย อภิชาติ สัจจงพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-402-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I1936913x

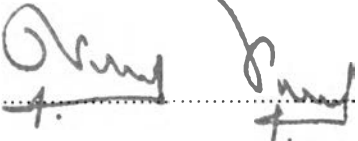
ON-LINE HANDWRITTEN THAI CHARACTER RECOGNITION
USING A NEURAL NETWORK

Mr. Apichart Sajjapong

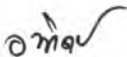
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requiriements
for the Degree of Master of Science in Computer Science
Department of Computer Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic year 1998
ISBN 974-331-402-4

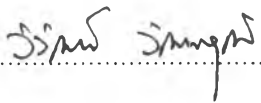
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ค
โดย	นาย อภิชาติ สัจพงษ์
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช

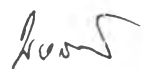
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

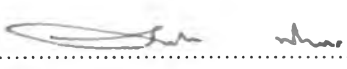

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภาวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. อาทิตย์ ทองทักษ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

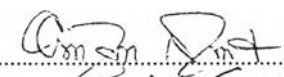
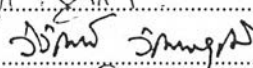
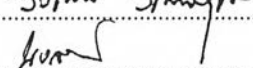

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. บัณฑิต ทิพากร)

อภิชาติ สัจจงพงษ์ : การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ค (ON-LINE HANDWRITTEN THAI CHARACTER RECOGNITION USING A NEURAL NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : อ. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. นงลักษณ์ ไควาวิสารัช ; 41 หน้า. ISBN 974-331-402-4.

หัวข้อการวิจัยที่น่าสนใจที่สุดอันหนึ่งคือการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยโดยเฉพาะแบบออนไลน์ โดยทั่วไปการเขียนตัวอักษรภาษาไทยด้วยลายมือเขียนสามารถเขียนได้หลายรูปแบบและในตำแหน่งที่ต่างกันออกไป ลายมือเขียนแบบออนไลน์ที่เขียนลงบนดิจิทัลเทอร์มินัลจะอยู่ในรูปลำดับของสโตรค ซึ่งแต่ละสโตรคประกอบด้วยคู่ลำดับของการเขียนด้วยปลายปากกา เริ่มจากตำแหน่งที่ปลายปากกาแตะที่กระดาษจนถึงตำแหน่งที่ยกปลายปากกาขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์ซึ่งแทนด้วยลำดับของจุดเด่น (Dominant points) ในสโตรค และลำดับของทิศทางของการเขียนโดยใช้รหัสลูกโซ่ฟรีแมน (Freeman chain code) ระหว่างจุดเด่นที่อยู่ติดกัน ข้อมูลที่เป็นรหัสทิศทางของจุดเด่นและค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงของแต่ละจุดในสโตรค จะนำมาใช้ในการจำแนกลายมือเขียนโดยอาศัยนิวรอลเน็ตเวิร์คในการรู้จำ ซึ่งวิธีการนี้มีความยืดหยุ่นสูง แม้ว่าข้อมูลนำเข้าจะมีความคลาดเคลื่อนก็ตาม ผลการทดลองการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทย 67 ตัวอักษรของผู้วิจัยเองพบว่า อัตราการรู้จำมีความถูกต้อง 83.43% รู้จำผิด 2.16% และรู้จำไม่ได้ 14.41%

ภาควิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา..... 2541.....

ลายมือชื่อนิสิต..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

C818512 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEY WORD: ON-LINE HANDWRITTEN THAI CHARACTER / NEURAL NETWORK / BACKPROPAGATION
APICHART SAJJAPONG : ON-LINE HANDWRITTEN THAI CHARACTER
RECOGNITION USING A NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR : WIWAT
VATANAWOOD. THESIS COADVISON : ASSIST. PROF. NONGLUK
COVAVISARUCH. 41 pp. ISBN 974-331-402-4.

One of the most challenging topics is the recognition of Thai handwriting, especially on-line recognition. All Thai alphabetical characters can be written in certain styles with strokes of different shapes and positions. An on-line handwritten character written on a digitizing tablet is represented as a sequence of strokes, which are the loci of the pen tip from its pen-down to pen-up positions. This paper presents an approach to on-line handwritten Thai character is characterized by a sequence of dominant points in strokes and a sequence of writing directions using a Freeman code between consecutive dominant points. The directional information of the dominant points and sequence of changes in angles of the data points are used for classification that is based on back-propagation neural network. This technique is elastic, in that it can tolerate local variation and deformation. Experiments have been conducted to recognize 67 daily-used Thai characters and performed on single writer's data. The recognition rate is 83.43%, with 2.16% substitution rate and 14.41% rejection rate.

ภาควิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา..... 2541.....
ลายมือชื่อนิติ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์วิวัฒน์ วัฒนา วุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์นงลักษณ์ ไควาวิสารัช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด และขอขอบคุณ คุณณวดีน สินธุภิญโญ ที่ช่วยค้นหาเอกสาร และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย	4
2.1 การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น (Data pre-processing)	4
2.1.1 การทำนอร์มอลไลซ์ (Normalization)	4
2.1.2 จุดเด่นในสโตรค (Dominant points)	6
2.1.3 จุดที่อยู่บนส่วนโค้งที่มีความโค้งมากที่สุด (Extrema of curvature)	6
2.2 ทฤษฎีนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network)	9
2.2.1 การสอนนิวรอลเน็ตเวิร์ค	12
2.2.2 นิวรอลเน็ตเวิร์คแบบแพร่ย้อนกลับ (Back-propagation)	12
2.2.3 การนำนิวรอลเน็ตเวิร์คไปใช้งาน	13
3 กรรมวิธีการเรียนรู้ลายมือเขียนอักษรภาษาไทย	14
3.1 ขั้นตอนการรับข้อมูลเข้าจากดีจิจิตาไลเซอร์	15
3.2 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น (Data Pre-processing) และการหา ลักษณะเด่นของตัวอักษร (Feature extraction)	17
3.2.1 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น (Data Pre-processing)	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.2.2	ขั้นตอนของการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร (Feature extraction) 19
3.3	ข้อมูลที่ใช้ในการสอนและรู้จำของนิรอลเน็ตเวิร์ค 21
3.3.1	การเปลี่ยนเวกเตอร์ให้เป็นหน่วยพื้นฐาน 21
3.3.2	การแบ่งเขตย่อยของตัวอักษร 22
3.3.3	ลำดับของคำมุกที่เปลี่ยนแปลง 23
3.4	ขั้นตอนการสอนนิรอลเน็ตเวิร์ค 24
3.5	ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร 25
4	การทดสอบการรู้จำมือเขียนอักษรภาษาไทย 26
4.1	วิธีการทดสอบ 26
4.2	ผลการทดสอบ 27
4.3	การปรับจำนวนโหนดของลำดับคำมุกที่เปลี่ยนแปลงในนิรอลเน็ตเวิร์ค 30
4.4	ปัญหาและข้อจำกัด 33
5	สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 35
5.1	สรุปการวิจัย 35
5.2	ข้อเสนอแนะ 36
	รายการอ้างอิง 37
	ภาคผนวก 38
	ภาคผนวก ก 38
	ภาคผนวก ข 39
	ภาคผนวก ค 40
	ประวัติผู้เขียน 41

สารบัญญัตินำ

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าของรหัสทิศทางจากผลต่างของคู่ลำดับ	6
3.1 ตัวอย่างพิกัดของจุดสำหรับอักษร ก	16
3.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้สอนนิเวศน์เน็ตเวิร์คของอักษร ป	23
3.3 รูปแบบของนิเวศน์เน็ตเวิร์ค	24
3.4 จำนวนตัวอักษรที่ใช้สอน ทดสอบ และรู้จำ	24
4.1 ผลการทดสอบการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทย	27
4.2 ผลการทดสอบการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทย	30

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรหัสทิศทางและตัวอย่างของรหัสลูกโซ่	6
2.2 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์ประสาท	9
2.3 แสดงหน่วยพื้นฐานของเซลล์ประสาท	10
2.4 แสดงแบบจำลองของหน่วยประมวลผล	10
2.5 ตัวอย่างของฟังก์ชันซิกมอยด์	11
2.6 แสดงไดอะแกรมอย่างง่ายของนิวรอลเน็ตเวิร์ค	11
2.7 นิวรอลเน็ตเวิร์คแบบแพร่กระจายย้อนกลับ	13
3.1 แสดงขั้นตอนของการสอนนิวรอลเน็ตเวิร์ค	14
3.2 แสดงขั้นตอนของการนำเอานิวรอลเน็ตเวิร์คที่ได้รับการสอนแล้วมาใช้งาน	15
3.3 ตัวอย่างขั้นตอนการเขียนตัวอักษรภาษาไทย	15
3.4 การย้ายตำแหน่งตัวอักษรลายมือเขียน	17
3.5 ตัวอย่างค่าของมุมที่จุดต่าง ๆ	19
3.6 ตัวอย่างอักษร ป และจุดเด่นทั้ง 6 จุด	20
3.7 รหัสทิศทางลูกโซ่ของฟรีแมน	21
3.8 รหัสประจำเขตย่อยของตัวอักษร	22
3.9 ตัวอักษร ป ภายในเขตย่อยของตัวอักษร	22
3.10 ตัวอย่างของลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทยที่ใช้ในการสอนนิวรอลเน็ตเวิร์ค	25
4.1 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรู้จำได้เต็มกับแบบใหม่หลังการทดลอง	32
4.2 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรู้จำผิดเต็มกับแบบใหม่หลังการทดลอง	32
4.3 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรู้จำไม่ได้เต็มกับแบบใหม่หลังการทดลอง	33